

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Madis Arumäe

**Alajäsemete sirutajalihaste jõu ja võimsuse näitajad jalgpalluritel ja
jõutõstjatel**
**Strength and power of the lower limb extensor muscles: a comparison of soccer players
and powerlifters**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
professor, biol. knd. Mati Pääsuke

Tartu, 2018

SISUKORD

SISUKORD	2
KASUTATUD LÜHENDID	4
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE	5
ABSTRACT	6
1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1 Jalgpalluritele vajalikud kehalised võimed ja jalgpallurite treening	6
1.2 Lihasjõu tähtsus jalgpalluritele	8
1.3 Jõutõstmise ja jõutõstjate treening	9
2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	11
3 METOODIKA	12
3.1 Vaatlusalused	12
3.2 Uurimismeetodid	12
3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised	12
3.2.2 Reie nelipealihase elektrostimulatsiooniga esilekutsutud üksikkontraktsiooni parameetrite määramine	13
3.2.3 Reie nelipealihase maksimaalse tahtelise jõu ja lõõgastusvõime määramine	13
3.2.4 Paigalt üleshüppetestid	15
3.3 Uuringu korraldus	16
3.4 Statistilise töötluse meetodid	17
4 TULEMUSED	18
4.1 Elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni näitajad	18
4.2 Potentseerumisjärgse üksikkontraktsiooni näitajad	18
4.3 Aktiivsusejärgne potentseerumine	19
4.4 Tahtelise pingutuse ja lõõgastuse näitajad	19
4.5 Reie nelipealihase isomeetiline jõud	20
4.6 Paigalt üleshüppe näitajad jalgpalluritel ja jõutõstjatel	21
4.6.1 Hüppe kõrgus	21
4.6.2 Paigalt üleshüppel arendatud jõud ja võimsus	21
4.7 Korrelatsioonanalüüs uuritud näitajate vahel	24
4.7.1 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel jalgpalluritel	24
4.7.2 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel jõutõstjatel	25
5 ARUTELU	29
5.1 Reie nelipealihase mittetahtelise ja tahtelise isomeetrilise jõu genereerimise ning lõõgastusvõime näitajate analüüs	29
5.2 Alajäsemete sirutajalihaste plahvatusliku võimekuse näitajate analüüs	31

5.3	Korrelatiivsete seoste analüüs uuritud näitajate vahel	32
5.4	Uuringu tugevused ja nõrkused	33
6	JÄRELDUSED	35
	KASUTATUD KIRJANDUS	36
	Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	39

KASUTATUD LÜHENDID

1 KM	ühe korduse maksimum
CMJ	(ingl. <i>counter movement jump</i>) - püstiasendist allaliikumisega hüpe
CT	(ingl. <i>contraction time</i>) - kontraktsiooniaeg
DJ	(ingl. <i>drop jump</i>) - sügavushüpe
HRT	(ingl. <i>half-relaxation time</i>) - poolelõõgastusaeg
MVC	(ingl. <i>maximum voluntary contraction</i>) - maksimaalne tahteline jõud
PAP	(ingl. <i>Post activation potentiation</i>) - aktiivsusjärgne potentseerumine
PT	(ingl. <i>peak torque</i>) - maksimaaljõud
RFD	(ingl. <i>rate of force development</i>) - jõugradient
RR	(ingl. <i>rate of relaxation</i>) - lõõgastumisgradient
SQJ	(ingl. <i>semi-squat jump</i>) - poolkükkasendist üleshüpe

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva magistr töö eesmärgiks oli võrrelda alajäsemete sirutajalihaste jõu ja võimsuse näitajaid jalgpalluritel ja jõutõstjatel

Metoodika: Uuringus osales 22 meesoost sportlast: 12 Eesti kõrgliigameeskonna jalgpallurit keskmise vanusega $20,6 \pm 0,6$ aastat ja 10 jõutõstjat keskmise vanusega $21,8 \pm 1,5$ aastat. Kõik vaatlusalused olid võistlevad sportlased minimaalse treeningstaažiga 2 aastat ja ühelgi neist sportlastest ei esinenud testimise ajal vigastust. Vaatlusalustel määrati isomeetrilisel dünamomeetril reie nelipealihase elektrostimulatsiooniga esile kutsutud mittetahtelise kontraktsiooni näitajad ja tahtelise kontraktsiooni parameetrid ning seejärel määrati dünamograafilisel platvormil hüppetestidega võimsuse näitajad. Korrelatsioonanalüüsiga selgitati välja määratud näitajate vahel esinevad seosed.

Tulemused: Peamised erinevused uuritud gruppide vahel esinesid võimsuse näitajate osas, kus poolkükkasendist hüppel (SQJ) ($p < 0,01$) ja püstiasendist allaliikumisega hüppel (CMJ) ($p < 0,01$) arendatud võimsus oli jõutõstjatel suurem, kui jalgpalluritel. Ka enamikul teistest võimsuse näitajatest olid jõutõstjad jalgpalluritest üle. Maksimaalne tahteline jõud (MVC) oli jõutõstjatel suurem, kui jalgpalluritel (kliinilise olulisusega $ES = 0,57$). Jõutõstjatel oli võrreldes jalgpalluritega suurem jõu arendamise kiirus, määratuna jõugradiendi järgi ajahetkel, kui läbitud oli 25% kontraktsiooniajast (RFD 25%) kliinilise olulisusega $ES = 0,49$. Uuritud gruppide vahel ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi mittetahtelise reie nelipealihase kontraktsiooni näitajate vahel. Korrelatsioonanalüüsil leiti jõutõstjate MVC seosed SQJ kõrgusega ($r = 0,53$; $p < 0,05$) ja CMJ kõrgusega ($r = 0,71$; $p < 0,01$) ning RFD 25% korreleerus neil positiivselt SQJ-l arendatud võimsusega ($r = 0,56$; $p < 0,05$) ja CMJ-l arendatud võimsusega ($r = 0,6$; $p < 0,05$).

Kokkuvõte: Võimsuse näitajad määratuna hüppetestidega, jõu arendamise kiirus ja maksimaaljõu näitajad jalgpalluritel olid madalamal tasemel, kui jõutõstjatel. Jõutõstjatel ilmnesisid positiivsed korrelatiivsed seosed jõu ja jõu arendamise kiiruse ning paigalt üleshüppel arendatud võimsuse näitajate vahel. Jalgpalluritel esinesid korrelatiivsed seosed maksimaaljõu, potentseerumisjärgsete üksikkontraktsiooni näitajate ja hüppel arendatud võimsuse vahel. Reie nelipealihase kontraktiilsed omadused jalgpalluritel ja jõutõstjatel olid sarnased

Märksõnad: jalgpallurid, jõutõstjad, jõud, võimsus

ABSTRACT

Aim: *The aim of this study was to compare characteristics of strength and power of lower limb extensor muscles between soccer players and powerlifters.*

Methods: *22 male participants took part of this study: 12 soccer players of an Estonian first division team (average age $20,6 \pm 0,6$) and 10 powerlifters (average age $21,8 \pm 1,5$). All participants were competing sportsmen with a minimum training experience of 2 years. Each participant's quadriceps twitch properties were registered by electrostimulation and voluntary contraction characteristics were measured by isometric dynamometry. Each participants power characteristics were measured by three jumping tests on a dynamographic platform. Correlation analysis was utilised to find associations between measurements.*

Results: *The main findings in comparison of the groups were differences in power. Powerlifters produced more power than soccer players at squat jumps (SQJ) ($p < 0,01$) and counter movement jumps (CMJ) ($p < 0,01$). Powerlifters also had the edge at most other power measurements. Maximum voluntary contraction (MVC) of powerlifters was higher than that of soccer players ($ES = 0,57$). Powerlifters had a higher rate of force development during the time moment when 25% of contraction time had passed (RFD 25%) compared to soccer players ($ES = 0,49$), indicating a faster increase in strength during early stages of muscle contraction. Correlation analysis revealed associations between MVC and SQJ height ($r = 0,53$; $p < 0,05$) and CMJ height ($r = 0,71$; $p < 0,01$) of powerlifters. RFD 25% was associated with power produced during SQJ ($r = 0,56$; $p < 0,05$) and CMJ ($r = 0,6$; $p < 0,05$). There were no statistically significant differences in comparison of twitch properties of the quadriceps between groups.*

Conclusions: *The power and strength characteristics of the soccer players were not on the level of the powerlifters. There were correlations between maximal strength and power properties of powerlifters and soccer players. Twitch properties of the quadriceps muscle were similar between groups.*

Keywords: *soccer, powerlifting, strength, power*

1 KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Jalgpalluritele vajalikud kehalised võimed ja jalgpallurite treening

Jalgpalli iseloomustab suur arv kahevõitlusi, kus võitja määravateks faktoriteks on lisaks mängija taktikalis-tehnilistele oskustele ka kehaline ja vaimne ettevalmistus. Üheksakümne-minutilise mängu jooksul läbib kõrgel tasemel jalgpallur keskmiselt 9-13 km (Andrzejewski et al., 2012), täpsemat informatsiooni kogusid Stevens et al. (2017), kes leidsid, et ühe Hollandi kõrgliigameeskonna keskmine läbitud distants ühes võistlusmängus oli 10927 m (Stevens et al., 2017). Jalgpallimatši jooksul läbitakse suurem osa vahemaast madala ja keskmise intensiivsuse juures (Anderson et al., 2016). Seega on tähtsal kohal vastupidavus, kuid seejuures koosneb mäng suures osas jõudu ja kiirust nõudvatest elementidest nagu hüpped, sprindid, löögid, järsud suunamuutused, tempomuutused, kehavõitlused jne. Ühes mängus on keskmiselt 1000-1400 sellist tegevust (Stolen et al., 2005), kusjuures väga suurel kiirusel joostakse keskmiselt 1,5 – 2,5 km (Andrzejewski et al., 2012). Kehalise ettevalmistuse kontekstis on tegemist kombineeritud spordialaga, kus on vajalikud aeroobne ja anaeroobne võimekus, kiirus, lihasjõud ja -võimsus (Turner & Stewart, 2014). Kõik välja toodud kehalised võimed ja organismi omadused mõjutavad tehnilist sooritust ning võimet võistkonna taktikalisest plaanist kinni pidada – need tegurid otsustavad võistlusmängu tulemuse. Seega peab efektiivne treeningprogramm olema mitmekülgne ja koosnema erinevat tüüpi treeningperioodidest (Morgans et al., 2014).

Jalgpallihooaja võib jaotada kolmeks suuremaks perioodiks: hooajaeelne periood, hooaeg ja *off-season* ehk periood hooaja lõpu ja järgmise hooajaeelse perioodi vahel (Anderson 2017). Hooaja etapid erinevad muuhulgas treeningu eesmärkide osas. Tavapäraselt keskendub hooajaeelne treening kehaliste võimete arendamisele ja hooajasisene treening keskendub nende võimete säilitamisele. Need perioodid jagunevad omakorda väiksemateks tsükliteks, mille sisu sõltub jalgpallihooaja etapist, tulevatest võistlusmängudest ja treeneri kogemusest ning eelistustest (Jeong et al., 2011). Täpsemat periodiseerimist tiptasemel jalgpallis on vähe uuritud (Malone et al., 2015). Elukutselised jalgpallurid treenivad hooajal tavaliselt 4-6 korda nädalas, kuid hooajaeelsel perioodil võib treeningkordade arv olla kaks korda suurem (Jeong et al., 2011).

Jalgpallitreeningule omaste harjutuste iseloomu ja mängijate positsioonide erisuste tõttu võib ühes meeskonnas mängivate sportlaste treeningkoormus üksteisest oluliselt erineda.

Samuti esineb erinevusi mängijate optimaalse treeningkoormuse ja treeningu tüübi vahel sõltuvalt mängija positsioonist jalgpalliväljakul (Los Arcos et al., 2017). Näiteks leidsid Andrzejewski et al. (2012), et professionaalsed poolkaitsjad läbivad mängu jooksul 7% pikema distantssi kui kaitsjad. Lisaks leidsid nad, et ründajad teevad rohkem sprinte ja läbivad pikema maa sprintides kui teiste positsioonide mängijad (Andrzejewski et al., 2012). Loomulikult on nõudmised kehalise võimekuse osas värvavahile erinevad teiste positsioonide mängijatest. Lisaks põhjustab erinevusi mängija koormuses ka võistlusmängus osaletud minutid, sest kõik võistkonna liikmed ei saa osaleda igas mängus 90 minutit. Treeningprotsessi planeerimisel tuleb arvesse võtta mängijale vajalikku ja tema võimetele vastavat koormust (Los Arcos et al., 2017). Vastasel juhul võib ühel mängijal jääda oma potentsiaal saavutamata suhteliselt vähese treeningkoormuse tõttu, samas tema meeskonnakaaslase jaoks võib sama treeningkoormus olla liigne ja seeläbi soodustada vigastusriski ning pärssida arengut.

Jalgpallitreeningutel keskendutakse lisaks taktikalis-tehniliste oskuste arendamisele peamiselt aeroobse ja anaeroobse energiatootmissüsteemi täiustamisele, kasutades selleks erinevaid meetodeid (Gharbi et al., 2015). Üks variant kehalist võimekust treenida on läbi jooksutreeningute, kus ei kasutata palli. Sellist metoodikat kasutades jääb treeningul vähem aega tehnilis-taktikaliste oskuste arendamiseks, seetõttu on tavaliselt eelistatud meetodiks kombineerida palli- ja taktikaharjutused jooksuharjutustega. Üheks populaarseks meetodiks on väikeste meeskondadega mängud, kus võistkonnad suuruses 1-9 mängijat võistlevad üksteise vastu vähendatud alal mängudes (Morgans et al., 2014). Tihti on sellised mängud piiratud erireeglitega, et stimuleerida muuhulgas mängijate tähelepanu. Väikeste meeskondadega mängu eelisteks on muuhulgas, et iga mängija saab teha rohkem pallipuuteid ja peab tegema palju lühikesi intensiivseid jookse, et anda palliga mängijale sööduvariante. Näiteks leidsid Hill-Haas et al. (2011), et 2 vs 2 ja 3 vs 3 mängudes on lisaks kõrgemale pingutuse astmele (mõõdetuna südamelöögisageduse järgi) suurem rõhk tehniliste oskuste arendamisel, mängijad saavad rohkem pallipuuteid, sööte, lööke ja triblinguid, kui suuremate meeskondadega harjutustes (Hill-Haas et al., 2011). Miinuseks on, et treeningu efektiivsus sõltub suuresti mängija motiveeritusest treeningharjutuses osaleda, sest üks mängija võib harjutuses teha oluliselt rohkem jooksusid, kui teine (Morgans et al., 2014).

1.2 Lihasjõu tähtsus jalgpalluritele

Selgitamaks välja, milline on lihasjõu tähtsus jalgpalluritele on võrreldud erineval tasemel mängivate sportlaste jõunäitajaid ja uuritud, kas maksimaaljõud seostub teiste jalgpallis oluliste kehaliste võimetega. Mõned uuringud on võrrelnud erineval tasemel mängivate täiskasvanud meesoost jalgpallurite alajäsemete jõunäitajaid. Paraku on uuringutes kasutatud erinevaid uurimismeetodeid. Wisloff et al. (1998) võrdlesid kahe Norra jalgpallimeeskonna (Norra meister vs samal aastal liigas viimaseks jäänud meeskond) kehalise võimekuse näitajaid ja uurisid, kas need näitajad seostuvad tulemustega jalgpalliväljakul. Sealhulgas mõõdeti alajäsemete jõudu (kükist tõus kangiga, määrates ühe korduse maksimumi – 1 KM) ja võimsust (hüppetestidega). Meistermeeskonna mängijate kükimaksimumide keskmine raskus oli oluliselt kõrgem: 164 kg vs 135 kg. Ka hüppevõime oli kõrgemal tasemel mängivatel jalgpalluritel keskmiselt parem, kuid erinevus ei olnud nõrgemal tasemel jalgpalluritega võrreldes statistiliselt oluline. Artiklis oli mainitud, et jalgpallurid kasutasid kükki osana oma jõutreeningutest (Wisloff et al., 1998). Andersson et al. (2016) võrdlesid ühe Rootsi tipptasemel jalgpalliklubi esindus- ja järelkasvumeeskonna mängijate kehalisi võimeid, sealhulgas alajäsemete jõudu. Mõõtmiseks kasutati isomeetrilist dünamomeetrit ja mõõdeti reie nelipealihase, *hamstring*-lihaste, puusa abduktorite ja adduktorite jõudu. Katses ei leitud statistiliselt olulisi erinevusi gruppide vahel (Andersson et al., 2016). Cometti et al. (2001) võrdlesid Prantsusmaal ühe kõrgliigameeskonna, ühe esiliiga meeskonna ja ühe amatöörmeeskonna mängijate lihasjõudu isokineetilise dünamomeetria meetodil. Uuritavaid oli kokku 95. Nad leidsid, et *hamstring*-lihaste isokineetiline jõud oli kõrgliigameeskonna mängijatel suurem kui amatööridel, kuid reie nelipealihase jõus statistiliselt olulist erinevust ei esinenud. Sealhulgas leidsid nad, et kõrgliigameeskonna mängijate keskmine 10 m sprindi aeg oli teistest meeskondadest oluliselt lühem, kuid sama ei ilmnenud 30 m sprindi osas (Cometti et al., 2001). Väljatoodud uuringute erinevad tulemused võivad sõltuda treeningmetoodikast, kohalikust jalgpallikultuurist ja teistest faktoritest, kuid kindlaid järeldusi ei ole leitud katsete põhjal võimalik teha.

Wisloff et al. (2004) võrdlesid alajäsemete lihasjõu seost 30 m sprindiga, 10 m joonejooksu tulemusega ja püstiasendist püstasendist allaliikumisega hüppe ehk CMJ (*counter movement jump*) tulemusega. Uuritavaks populatsiooniks oli Rosenborgi jalgpalliklubi esindusmeeskond (17 mängijat). Alajäsemete lihasjõudu hinnati 1 KM poolkükki asendist kangiga tõusmisega. Kõikide mängijate regulaarses treeningrežiimis oli vaadeldav harjutus olemas. Lihasjõud oli statistiliselt olulises seoses kõikide mõõdetud testide tulemustega, kusjuures kõige tugevam oli seos 10 m sprinditulemusega. Ka hüppe kõrgus oli

olulises seoses 10 m ja 30 m sprindi aegadega. Statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud mängijate positsioonide vahel. Seega järeldati, et alajäsemete sirutajalihaste maksimaaljõud on seoses sprindi kiiruse ja hüppevõimega kõrgel tasemel jalgpalluritel (Wisloff et al., 2004).

1.3 Jõutõstmine ja jõutõstjate treening

Jõutõstmine on jõuala, mis koosneb kolmest tõsteliigist: kük, rinnalt surumine ja jõutõmme. Võistlusel võtab jõutõstja osa kõikidest nimetatud aladest, kusjuures igal alal on kolm katset. Sportlane peab ühe kordusega tõstma võimalikult suurt raskust (Bishop et al., 2018). Võisteldakse kehamassi, soo ja vanuse alusel moodustatud kategooriates. Võitja selgitamiseks liidetakse kõikide tõsteliikide parimad tulemused kokku. Saadud kogusumma korrutatakse läbi teatud indeksiga, mis võtab arvesse tõstja kehamassi. Saadud tulemust nimetatakse wilksi punktideks, mille alusel selgub absoluutne võitja (IPF, 2016). Seega on võitjaks sportlane, kes tõstis suurimat raskust oma kehamassi kohta.

Peamine omadus, mida jõutõstmises arendatakse on maksimaalne lihasjõud. Garcia-Manso et al. (2008) järgi toimub jõu arendamine spordis läbi spetsiifiliste treeningmeetodite, mis kutsuvad esile muutuseid organismis. Laias laastus jagunevad sellised meetodid kaheks. Esiteks meetodid, mille eesmärgiks on muutuste esile kutsumine keha koostises, eriti lihashüpertroofia. Teiseks mudelid, mis kutsuvad esile muutusi närvisüsteemis, näiteks mootorsete ühikute rekrutatsioonimustrite täiustamine (Garcia-Manso et al., 2008). Sellised muutused närvisüsteemis mõjutavad lihases tekkiva pinge arendamist kontraktsioonil, vähendavad antagonistlihaste koaktivatsiooni pingutusel jpm. Maksimaalse jõu optimaalseks arenguks on oluline treeninguga mõlemat laadi muutusi esile kutsuda.

Jõutõstjate treeningmetoodikat kirjeldavaid uuringuid ei ole palju. Ratamess et al. (2009) väidavad, et kõrgel tasemel jõutõstjad treenivad 4-6 korda nädalas, kusjuures kaks korda päevas treenimine ei ole haruldane, kui samal päeval läbi viidud treeningud on suunatud erinevate lihasgruppide arendamisele. Ühe lihasgrupi treenimine kaks korda nädalas on efektiivseim sagedus edasijõudnud tõstjatel. Samuti soovitavad Ratamess et al. (2009) kasutada 80-100%-st raskust 1 KM-st edasijõudnud sportlastel, kellel on eesmärk arendada maksimaaljõudu (Ratamess et al., 2009).

Samas leidsid Joao et al. (2014) suurt efekti jõunäitajate arendamiseks tiptasemel jõutõstjatel programmist, kus kasutati koormust 65-95% 1 KM-st. Nende uuringus osales 9 Brasiilia jõutõstjat (keskmine vanus 34 aastat ja minimaalselt 1 aasta treeningstaaži), kes läbisid 16 nädalase periodiseeritud treeningprogrammi suunatud rinnalt surumise, küki ja

jõutõstmise 1 KM arendamisele. Periodiseering koosnes neljast tsüklist, kus treeningtsükli jooksul vähenes treeningute maht ja tõusis intensiivsus (ehk treeningul kasutatava raskuse protsent kordusmaksimumist). Esimesel treeningnädalal tehti igal treeningul 10 seeriat, igas seerias 6 kordust raskusega 65% 1 KM-st; seevastu kõige suurema intensiivsusega treeningnädalal (15. nädal 16-st) tehti ühe treeningu jooksul 6 seeriat, igas seerias 1 kordus raskusega 95% 1 KM-st. Treeningperioodi käigus testiti uuesti lihasjõudu ja vastavalt uuele tasemele arvutati uued treeningraskused. Treeningute sagedus uuringuperioodi vältel oli vähemalt 3 korda nädalas ja seeriade vahel kasutati puhkepause 3-5 minutit. Artiklis ei olnud mainitud, kas tähelepanu pöörati ka toetavatele lihasgruppidele. Täheldati positiivseid tulemusi: vaatlusaluste keskmine rinnalt surumise tulemus tõusis 104,4 kg-lt 136,1 kg-ni, küki keskmine tulemus tõusis 134,4 kg-lt 179,4 kg-ni ja jõutõmbe keskmine tulemus tõusis 132,2 kg-lt 233,9 kg-ni (Joao et al., 2014). Väga suure jõunäitajate paranemise üheks põhjuseks olid tõenäoliselt madalad jõunäitajate algtasemed. Väljatoodud uuringus kasutatud programm annab aimdust, milliseid koormuseid võivad jõutõstjad oma treeningus kasutada.

Swinton et al. (2009) uurisid Briti jõutõstjate treeningharjumusi. Uuringus osales 32 sportlast, sealhulgas 15 Šotimaa parimat jõutõstjat. Kõik uuritavad täitsid 20 osalise küsimustiku. Tulemused näitasid, et enamus küsitatud tõstjatest pööravad tähelepanu plahvatusliku jõu arendamisele: jõutõstjatest 82% sooritasid vähemalt osa sub-maksimaalsete raskusega tõstetest (0-70% 1 KM-st) maksimaalse kiirusega ja 79% tõstavad maksimaalse tempoga vähemalt ühe raske seeria (80-100% 1 KM-st). Uuritavatest 39% kasutasid treeningutel kummilinte ja 57% kasutasid kette raskuse modifitseerimiseks. Uuritavatest 69% tegid treeningutel klassikalisi tõsteid ning 18% tegid alakehale plüomeetrilisi harjutusi. Uuritavad pidasid kõige paremaks abiharjutuseks küki tulemuse parandamiseks kükki kastile, parimaks abiharjutuseks rinnalt surumise tulemuse parandamiseks peeti kitsa haardega rinnalt surumist ja abiharjutustest enim eelistati jõutõmbe tulemuse parandamiseks kõrgemalt platvormilt sooritatud jõutõmmet. Võib-olla üheks olulisemaks tulemuseks oli, et 96% jõutõstjatest periodiseerisid oma treeningprogrammi (Swinton et al., 2009). Tulemused peegeldavad vaid ühe piirkonna jõutõstjate treeningharjumusi, kuid siiski annavad ettekujutust sellest, kuidas jõutõstjad võivad treenida.

Jõutõstjad on jõuvõimete osas eeskujuks teiste spordialade esindajatele. Seetõttu käesolevas magistritöös võrdleme lihasjõu ja võimsuse taset jalgpalluritel jõutõstjatega, et saada ettekujutus jalgpallurite tasemest uuritavates võimetes.

2 TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uuringu eesmärgiks on võrrelda alajäsemete sirutajalihaste jõu ja võimsuse näitajaid jalgpalluritel ja jõutõstjatel.

Püstitatud ülesanded:

1. Määrata reie nelipealihase elektrostimulatsiooniga esilekutsutud üksikkontraktsiooni parameetrid.
2. Määrata reie nelipealihase tahtelise isomeetrilise jõu genereerimise ja lõõgastusvõime parameetrid.
3. Määrata alajäsemete sirutajalihaste plahvatusliku jõu näitajad paigalt üleshüppel.
4. Selgitada välja korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel jalgpalluritel ja jõutõstjatel.

3 METOODIKA

3.1 Vaatlusalused

Käesolevas uuringus osales 22 meest (12 Eesti kõrgliiga jalgpallurit ja 10 jõutõstjat) vanuses 16-30 aastat. Uuritavad olid omal alal võistlevad sportlased minimaalse treeningstaažiga 2 aastat. Katsealustel ei tohtinud olla vigastust, mis piiraks testis osalemist. Vaatlusaluste üldandmed on välja toodud tabelis 1.

Uuringusse värbamine toimus telefoni teel. Uuritavate kontaktandmed saadi sportlaste treeneritelt või füsioterapeudilt.

Uuringul on inimuurinute eetikakomitee luba (nr 252/T-2).

Tabel 1. Vaatlusaluste üldandmed ja treeningkoormus (keskmine \pm SE).

	Jalgpallurid (n=12)	Jõutõstjad (n=10)
Vanus (aasta)	20,6 \pm 0,6	21,8 \pm 1,5
Kehamass (kg)	81,0 \pm 1,5	86,0 \pm 3,3
Pikkus (cm)	188,3 \pm 1,5	175,7 \pm 1,2***
Kehamassiindeks (kg/m²)	22,9 \pm 0,5	27,8 \pm 0,8***
Treeningstaaž (aasta)	14,1 \pm 0,5	4,9 \pm 1***
Treeningtunde nädalas (h)	10 \pm 1,3	9 \pm 1,1

*** - $p < 0,001$ võrreldes jalgpalluritega.

3.2 Uurimismeetodid

3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised

Uuritavate pikkus mõõdeti seinale kinnitatud mõõdulindiga ja kehamass elektroonilise kaaluga (täpsus 0,1 kg). Tulemuste põhjal arvutati kehamassiindeks (KMI). Seejärel mõõdeti vaatlusaluse sääre pikkus pindluu peast lateraalse malleoolini.

3.2.2 Reie nelipealihase elektrostimulatsiooniga esilekutsutud üksikkontraktsiooni parameetrite määramine

Mõõtmine sooritati isomeetrilisel dünamomeetrilisel pingil. Lisaks pingile on seadmel tensorandur ja anduri toite- ja võimendusplokk. Seade on ühenduses analoogandmete sisendi mikrokontrolleriga, mis on omakorda ühenduses analoogdigitaalmuunduriga. Tensorandur mõõdab jõu muutumist testi vältel. Analoogmuunduri abil teisendatakse tensorandurilt tulenev informatsioon numbriliseks, info on nähtav arvuti ekraanil (Pääsuke et al., 1999).

Vaatlusalune kinnitati kirjeldatud dünamomeetrilisele pingile istuvas asendis, ülakeha mansettidega fikseeritud seljatoe külge. Uuritava puusaliigese nurk oli ligikaudu 110° ja põlveliigese nurk 90°. Uuritava dominantne jalg oli fikseeritud mansetiga, mis asetses umbes 1 cm proksimaalsel mediaalsest malleoolist. Viimati nimetatud manseti abil kanti testi käigus uuritava poolt avaldatav jõud üle dünamomeetrile. Uuritava dominantse jala reie nelipealihasele kinnitati kaks elektroodi: elektrostimulatsiooni andev 5x5 cm elektrood asetati femoraalnärvi projektsioonile naha pinnal ja maanduselektrood 5x10 cm asetati reie nelipealihase distaalsele kolmandikule. Joonisel 1 on näitatud vaatlusaluse asend testimise ajal.

Alalisvoolu impulsiga kutsuti esile mittetahteline üksikkontraktsioon kõigepealt puhkeolekus ja seejärel pärast 5 s kestnud maksimaalset tahtelist pingutust – st potentseerunud olekus. Määrati järgmised näitajad:

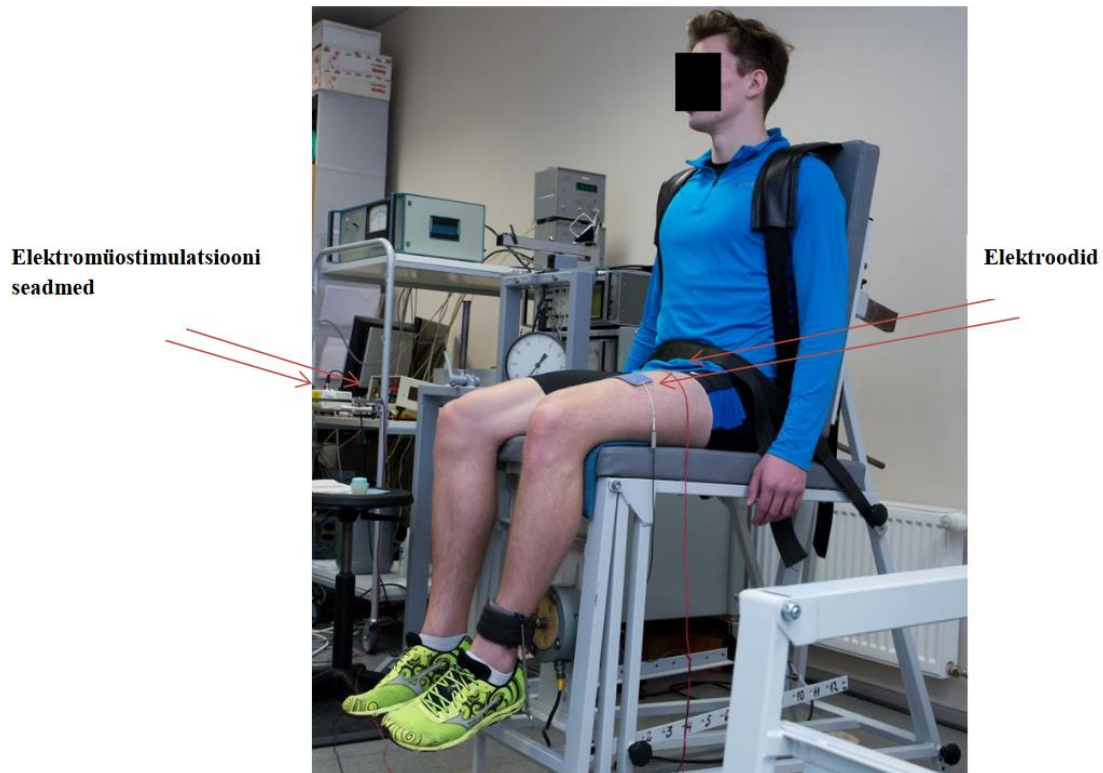
- 1) aeg maksimaaljõu saavutamiseni (kontraktsiooniaeg ehk CT, ms);
- 2) üksikkontraktsiooni maksimaaljõud (PT, N);
- 3) poolelõdgastusaeg ehk aeg lõdgastumisel, mille jooksul jõud langeb 50%-ni maksimumist (HRT, ms);
- 4) maksimaalne jõugradient (max RFD, N/s);
- 5) maksimaalne lõdgastumise gradient (max RR, N/s);
- 6) aktiivsujärgse potentseerumise (PAP) näitajad 5 s kestva maksimaalse tahtelise pingutuse järel (PAP CT, PAP PT, PAP HRT, PAP max RFD, PAP max RR).

3.2.3 Reie nelipealihase maksimaalse tahtelise jõu ja lõdgastusvõime määramine

Kasutatav aparatuur ja vaatlusaluse asend järgmistel katsetel oli samasugune nagu elektrostimulatsiooniga esilekutsutud üksikkontraktsiooni parameetrite määramisel (Joonis 1).

Vaatlusalune sooritas kolm maksimaalse jõuga reie nelipealihase isomeetrilist pingutust. Seejuures ei jälgitud kontraktsiooni ega lõdgastumise kiirust. Pingutuse kestus oli

ligikaudu kolm sekundit ja puhkepaus pingutuste vahel oli üks minut. Selgitati välja reie nelipealihase tahteline maksimaalne jõud (MVC).



Joonis 1. Vaatluseluse asend reie nelipealihase elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni parameetrite määramisel ja reie nelipealihase tahtelise jõu ja lõõgastusvõime määramisel.

Järgmises testis tuli katsesalusel reageerida valgussignaalile, kus lambi süttimine andis käsu maksimaalse pingutuse alustamiseks ja lambi kustumine andis käsu pingutuse lõpetamiseks. Pingutuse kestus oli kaks sekundit. Oluline oli maksimaalse pingutuse saavutamise kiirus ja seejärel lõõgastumise kiirus. Määrati järgmised parameetrid:

- 1) pingutuse latentsiaeg ehk aeg lambi süttimisest jõu produktsiooni alguseni (LATc, s);
- 2) lõõgastumise latentsiaeg ehk aeg lambi kustumisest jõuarenduse languse alguseni lõõgastumisel (LATr, s);
- 3) tahtelise poolelõõgastuse aeg ehk aeg, mille jooksul lihasjõud langeb poole võrra lõõgastumisel (HRT, s)
- 4) jõugradient 0,2 s pingutuse algusest (RFD 0,2, N/s) ja jõugradiendid ajamomendil, kui läbitud on 25%, 50%, 75% ning 100% kontraktsioonijast (RFD x %, N/s)

3.2.4 Paigalt üleshüppetestid

Hüppetestideks kasutati dünamograafilist platvormi (PD-3A, VISTI, Venemaa), mõõtmetega 0,75 x 0,75 m.

Sooritati kolme liiki hüpped:

1) Poolkükkasendist üleshüpe (SQJ). Algasend oli poolkükkasendis, põlveliigese nurk oli ligikaudu 90°, käed puusas. Sellest asendist sooritas uuritav maksimaalse üleshüppe (Joonis 2).



Joonis 2. Uuritava algasend poolkükkasendist üleshüppel.

2) Püstiasendist allaliikumisega hüpe (CMJ). Algasend oli püsti, misjärel vaatlusalune sooritas allaliikumise ja maksimaalse üleshüppe ning maandus ligikaudu samale kohale, kust hüpet alustas.

3) Sügavushüpe (DJ) 40 cm kõrguselt. Uuritav seisis platvormile, mis asetses dünamograafilise platvormi taga ja oli sellest 40 cm kõrgemal. Algasend oli samasugune, nagu CMJ puhul (joonis 3). Vaatlusalune sooritas allahüppe dünamograafilisele platvormile ja vahetult järgneva maksimaalse üleshüppe.



Joonis 3. Uuritava algasend sügavushüppel 40 cm platvormilt.

Uuritaval oli igal hüppeliigil kolm katset. Hüpped toimusid vertikaalsel suunal, seega vaatlusalune maandus ligikaudu dünamograafilise platvormi keskele. Käte hoogu ei olnud ühegi hüppeliigi puhul kasutada lubatud, käsi hoiti hüppe vältel puusal.

Hüppetestidel määratakse hüppe kõrgus (m), arendatav jõud (N) ja võimsus (w).

3.3 Uuringu korraldus

Uuringu eksperimentaalne osa viidi läbi Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehhaanika laboris vahemikus veebruar 2017 – märts 2018. Uuring viidi läbi alljärgnevalt:

- 1) Ankeedi täitmine. Ankeet sisaldas küsimusi uuritava treeningkoormuse, töö, vigastuste jne kohta.
- 2) Antropomeetrilised mõõtmised.
- 3) Vaatlusalune kinnitati isomeetrilisele dünamomeetrile ja registreeriti elektrostimulatsiooniga esile kutsutud reie nelipealihase üksikkontraktsiooni parameetrid ning isomeetrilise pingutus- ja lõõgastusvõime näitajad.
- 4) Sooritati hüppetestid dünamograafilisel platvormil.

3.4 Statistilise töötluse meetodid

Statistiliseks töötluseks kasutati programmi IBM SPSS Statistics 24.0. Statistikaprogrammi abil määrati parameetrite aritmeetilised keskmised ja standardviga (\pm SE) mõlemal grupil. Jalgpallurite ja jõutõstjate vaheliste määratud parameetrite võrdlemiseks ja nendevaheliste seoste leidmiseks kasutati Mann-Whitney U testi, sest mõõtmistulemused valdavalt ei vastanud normaaljaotusele. Korrelatsioonanalüüsiks kasutati Kendall tau korrelatsioonkoefitsienti. Statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4 TULEMUSED

4.1 Elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni näitajad

Tabelis 2 on välja toodud jalgpallurite ja jõutõstjate üksikkontraktsiooni parameetrite võrdlus. Statistiliselt olulisi erinevusi gruppide vahel ei esinenud.

Tabel 2. Üksikkontraktsiooni parameetrite võrdlus jalgpallurite ja jõutõstjate vahel (keskmine \pm SE).

	Jalgpallurid (n=12)	Jõutõstjad (n=10)
CT (s)	0,099 \pm 0,006	0,093 \pm 0,003
PT (N)	110,92 \pm 9,42	108,7 \pm 7,67
HRT (s)	0,102 \pm 0,014	0,109 \pm 0,011
max RFD (N/s)	1116,33 \pm 98,89	1142,3 \pm 98,8
max RR (N/s)	557 \pm 58,54	501,9 \pm 55,3

CT – kontraktsiooniaeg; PT – maksimaaljõud; HRT – poolelõõgastusaeg; max RFD – maksimaalne jõugradient; max RR – maksimaalne lõõgastusgradient.

4.2 Potentseerumisjärgse üksikkontraktsiooni näitajad

Tabelis 3 on välja toodud potentseerumisjärgse üksikkontraktsiooni parameetrite võrdlus jalgpalluritel ja jõutõstjatel. Statistiliselt olulisi erinevusi uuritud gruppide vahel ei esinenud. Ühe jalgpalluri tulemused on välja arvatud mõõtevea tõttu.

Tabel 3. Potentseerumisjärgse üksikkontraktsiooni parameetrite võrdlus jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE).

	Jalgpallurid (n=11)	Jõutõstjad (n=10)
CT (s)	0,09 \pm 0,004	0,087 \pm 0,003
PT (N)	140,27 \pm 7,9	161,7 \pm 12,57
HRT (s)	0,087 \pm 0,008	0,086 \pm 0,008
max RFD (N/s)	1651,64 \pm 109,18	1980,2 \pm 152,46
max RR (N/s)	918,09 \pm 103,75	987,4 \pm 91,92

CT – kontraktsiooniaeg; PT – maksimaaljõud; HRT – poolelõõgastusaeg; max RFD – maksimaalne jõugradient; max RR – maksimaalne lõõgastusgradient.

4.3 Aktiivsusjärgne potentseerumine

Efekti võrdlemiseks leidsime gruppide elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni tulemuste (CT, PT, HRT, RFD ja RR) aritmeetilised keskmised ja potentseerumisjärgselt elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni tulemuste aritmeetilised keskmised. Seejärel lahutasime potentseerumisjärgsetest elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni tulemustest tavalised elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni tulemused. PAP mõjutas PT-i jõutõstjatel rohkem, kui jalgpalluritel ($ES=0,62$). Tulemused on välja toodud tabelis 4. Ühe jalgpalluri tulemused on välja arvatud.

Tabel 4. PAP efekti võrdlus jalgpallurite ja jõutõstjate vahel (keskmine \pm SE).

	Jalgpallurid (n=11)	Jõutõstjad (n=10)
CT PAP (s)	0,009 \pm 0,008	0,006 \pm 0,003
PT PAP (N)	29,4 \pm 13,6	53 \pm 9,2#
HRT PAP (s)	0,014 \pm 0,009	0,023 \pm 0,012
max RFD PAP (N/s)	535,3 \pm 166,7	837,9 \pm 94,1
max RR PAP (N/s)	361,1 \pm 140,9	485,5 \pm 73,6

PAP – aktiivsusjärgne potentseerumine; CT – kontraktsiooniaeg; PT – maksimaaljõud; HRT – poolelõõgastusaeg; max RFD – maksimaalne jõugradient; max RR – maksimaalne lõõgastusgradient. # - $ES=0,62$

4.4 Tahtelise pingutuse ja lõõgastuse näitajad

Tabelis 5 on välja toodud tahtelise pingutuse ja lõõgastuse näitajate (v.a jõud) võrdlus jalgpalluritel ja jõutõstjatel. Statistiliselt olulisi erinevusi gruppide vahel ei esinenud, kuid leidsime gruppide vahel kliiniliselt olulise erinevuse RFD 25%, $ES=0,49$.

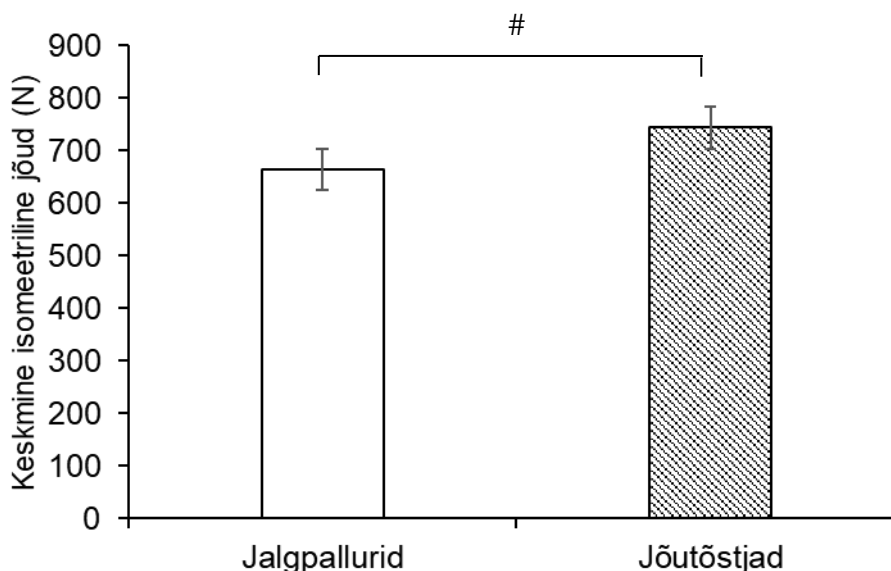
Tabel 5. Tahtelise pingutuse ja lõõgastuse näitajate võrdlus jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE).

	Jalgpallurid (n=12)	Jõutõstjad (n=10)
RFD 0,2 (N/s)	2646 \pm 102,72	2675 \pm 188,65
RFD 25% (N/s)	4143,67 \pm 204,11	4646 \pm 430,92#
RFD 50% (N/s)	3435,08 \pm 146,78	3637 \pm 389,52
RFD 75% (N/s)	2862,08 \pm 127,04	3071,6 \pm 345,4
RFD 100% (N/s)	1078,25 \pm 178,19	894,1 \pm 215,54
LATc (s)	0,227 \pm 0,007	0,232 \pm 0,007
LATr (s)	0,201 \pm 0,007	0,209 \pm 0,012
tahteline HRT (s)	0,069 \pm 0,007	0,072 \pm 0,003

RFD 0,2 – jõugradient 0,2 s pingutuse algusest; RFD x % - jõugradient ajahetkel, kui läbitud on x % kontraktsioonist; LATc – pingutusele eelnenud latentsiaeg; LATr – lõõgastusele eelnenud latentsiaeg; HRT – poolelõõgastusaeg. # - ES=0,49 võrreldes jalgpalluritega

4.5 Reie nelipealihase isomeetriline jõud

Kuigi esines tendents selle suunas, et keskmine MVC jõutõstjatel (744 N) on jalgpallurite omast (664,33 N) suurem, siis p väärtus statistilisest olulisusest gruppide võrdluses ei näidanud. Seejärel otsisime kliinilist olulisust ja saime seose ES=0,57. Tulemused on välja toodud joonisel 4.



Joonis 4. Isomeetriline maksimaaljõud jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE).

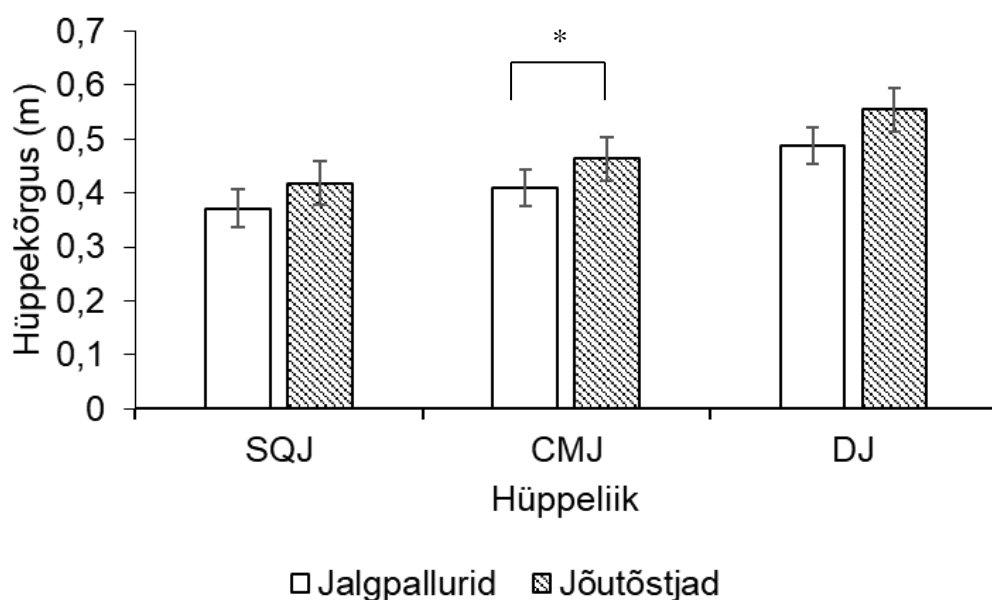
- ES=0,57.

Seejärel korrutasime isomeetrilise jõu tulemused läbi uuritavate sääre pikkusega ja saime jalgpallurite isomeetrilise jõu tulemuseks 289,3 Nm ja jõutõstjatel 293,5 Nm. Need arvutuse tehti võrdluse hõlbustamiseks teiste uuringutega.

4.6 Paigalt üleshüppe näitajad jalgpalluritel ja jõutõstjatel

4.6.1 Hüppe kõrgus

Uuritud gruppide hüppetulemused on välja toodud joonisel 5. Selgub, et kuigi jõutõstjate mediaantulemused olid igas hüppeliigis paremad, siis statistiline olulisus saavutati vaid CMJ-l: jalgpallurite keskmine hüppe kõrgus 0,41 m ja jõutõstjate hüppe kõrgus keskmiselt 0,46 m. ($p < 0,05$).

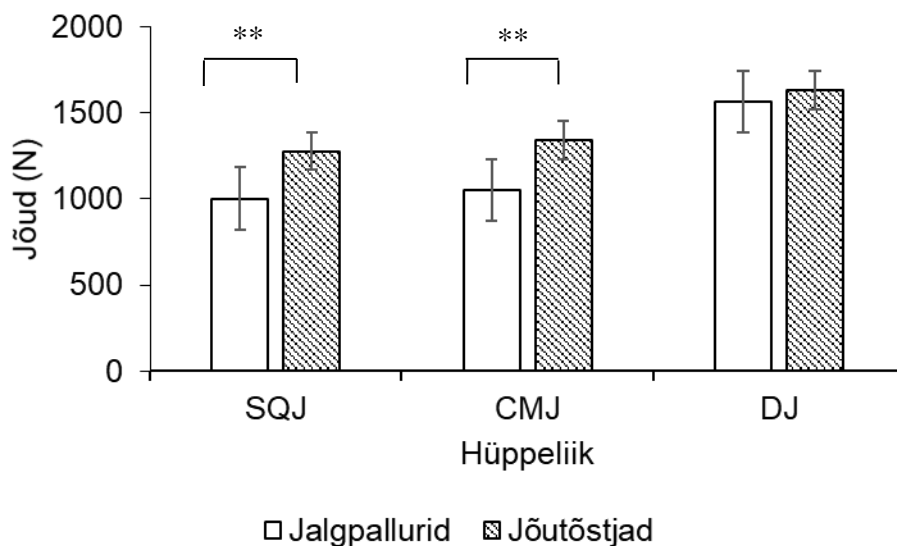


Joonis 5. Paigalt üleshüppe kõrgus jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE). SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; DJ – sügavushüpe 40 cm aluselt. * - $p < 0,05$.

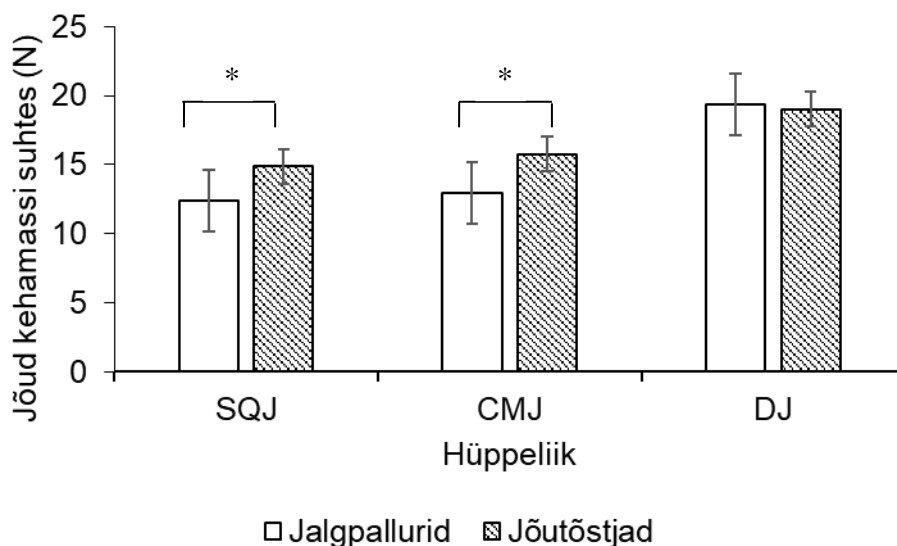
4.6.2 Paigalt üleshüppel arendatud jõud ja võimsus

Joonisel 6 on välja toodud gruppide erinevused hüppel arendatava jõu osas. Jõutõstjad arendavad hüppel rohkem jõudu nii CMJ-l kui ka SQJ-l (mõlemad $p < 0,01$). Ka DJ-l oli jõutõstjate hüppe kõrgus suurem, kuid see tulemus ei saavutanud statistilist olulisust.

Järgmiseks jagati hüppel arendatud jõu väärtus läbi kehamassiga ja tulemuseks saadi hüppel arendatud võimsus 1 kg kehamassi kohta. Ka siin oli trend jõutõstjate kasuks, kuid tulemused gruppide vahel olid võrdsemad. Siiski, jõutõstjad arendasid 1 kg kehamassi kohta rohkem jõudu kui jalgpallurid SQJ-l ja CMJ-l (mõlemad $p < 0,05$). Tulemused on välja toodud joonisel 7.

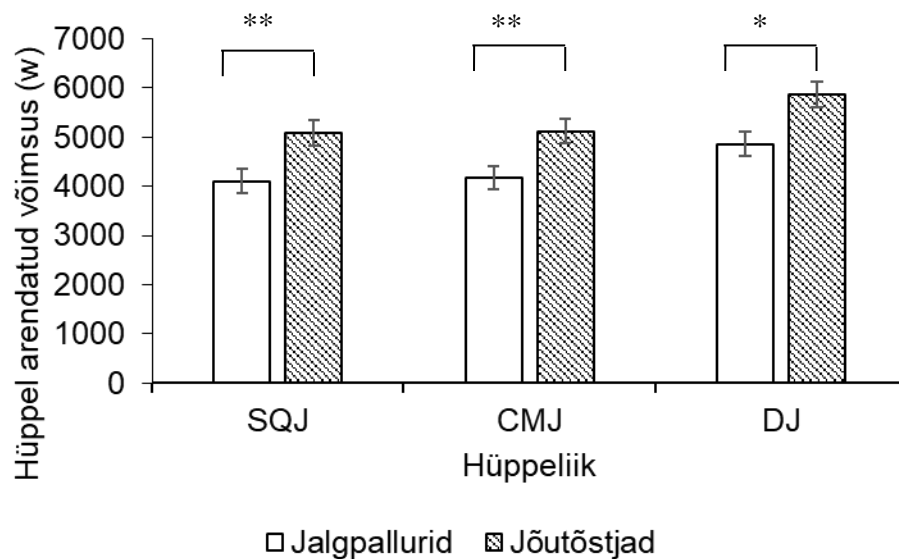


Joonis 6. Hüppel arendatud jõud jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE). SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; DJ – sügavushüpe 40 cm aluselt. ** - $p < 0,01$.



Joonis 7. Hüppel arendatud jõud kehamassi suhtes jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE). SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; DJ – sügavushüpe 40 cm aluselt. * - $p < 0,05$.

Ka hüppel võimsuse arendamisel olid jõutõstjad jalgpalluritest üle, statistiline olulisus saavutati kõikides hüppeliikides: SQJ nivool $p<0,01$; CMJ nivool $p<0,01$ ja DJ nivool $p<0,05$. Tulemused on välja toodud joonisel 8.

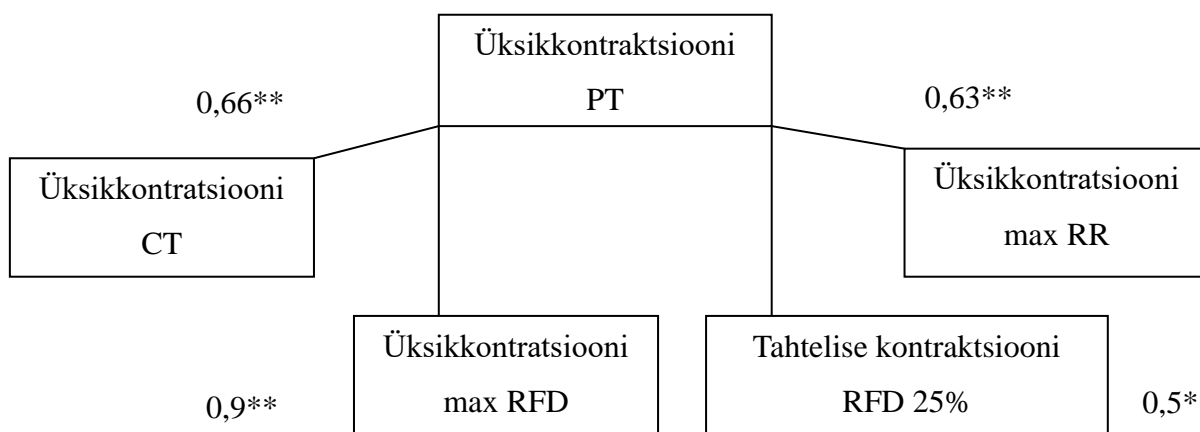


Joonis 8. Paigalt üleshüppel arendatud võimsus jalgpalluritel ja jõutõstjatel (keskmine \pm SE). SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; DJ – sügavushüpe 40 cm aluselt. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$.

4.7 Korrelatsioonanalüüs uuritud näitajate vahel

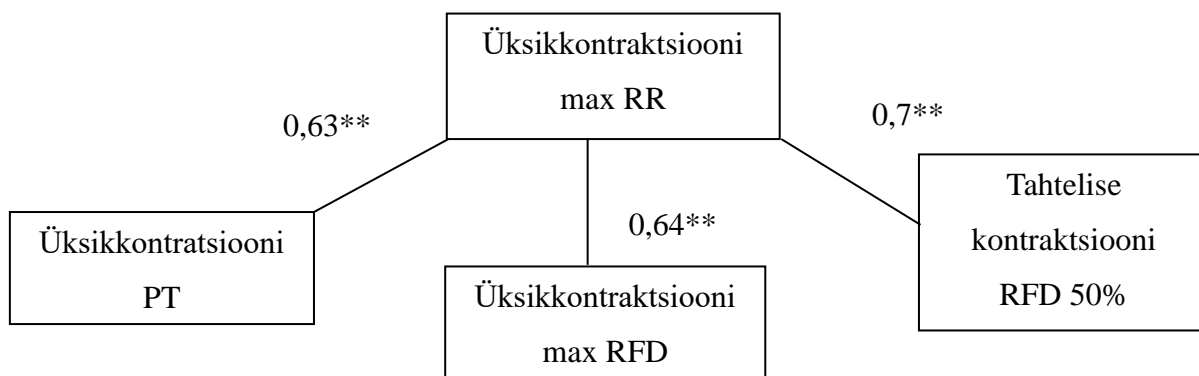
4.7.1 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel jalgpalluritel

Üksikkontraktsiooni PT jalgpalluritel seostus üksikkontraktsiooni kontraktsiooniajaga (CT) ($r=0,66$; $p<0,01$), üksikkontraktsiooni maksimaalse RFD-ga ($r=0,9$; $p<0,01$), tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga ($r=0,5$; $p<0,05$) ja üksikkontraktsiooni maksimaalse lõõgastusgradiendiga (RR) ($r=0,63$; $p<0,01$). Seosed on välja toodud joonisel 9.



Joonis 9. Üksikkontraktsiooni maksimaalse pöördemomendi seosed teiste uuritud näitajatega jalgpalluritel. PT – maksimaaljõud; max RFD – maksimaalne jõugradient; RFD 25% – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 25% kontraktsioonist; max RR – maksimaalne lõõgastusgradient; CT – kontraktsiooniaeg. * - $p<0,05$ ** - $p<0,01$.

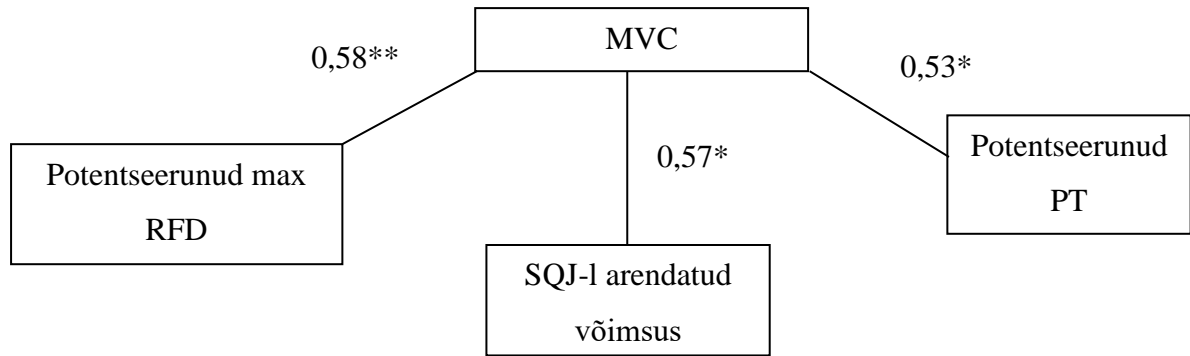
Üksikkontraktsiooni maksimaalne RR jalgpalluritel seostus üksikkontraktsiooni PT-ga ($r=0,63$; $p<0,01$), üksikkontraktsiooni maksimaalse RFD-ga ($r=0,64$; $p<0,01$) ja tahtelise kontraktsiooni RFD 50%-ga ($r=0,7$; $p<0,01$). Seosed on välja toodud joonisel 10.



Joonis 10. Üksikkontraktsiooni maksimaalse RR seosed teiste näitajatega jalgpalluritel. max RR – maksimaalne lõõgastusgradient; PT – maksimaaljõud; max RFD – maksimaalne jõugradient; RFD 50% – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 50% kontraktsioonist.

** - $p<0,01$.

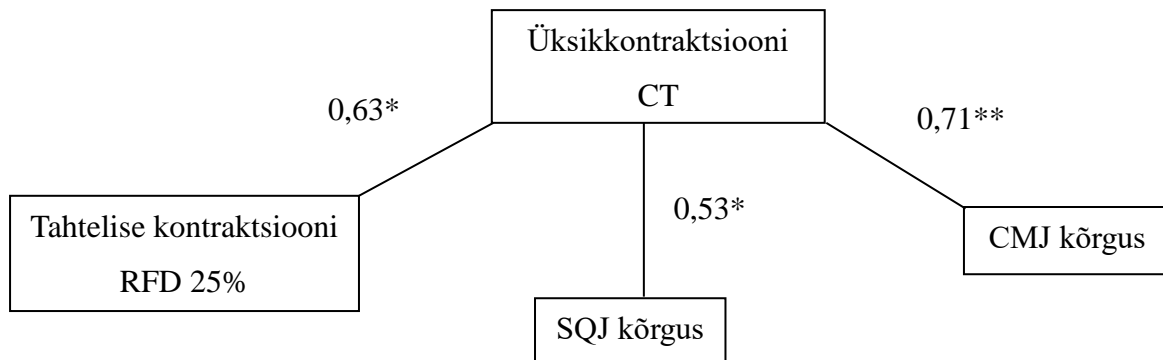
MVC jalgpalluritel seostus potentseerumisjärgse üksikkontraktsiooni PT-ga ($r=0,53$; $p<0,05$), potentseerumisjärgse maksimaalse RFD-ga ($r=0,58$; $p<0,01$) ja SQJ-l arendatud võimsusega ($r=0,57$; $p<0,05$). Seosed on välja toodud joonisel 11.



Joonis 11. Maksimaalse tahtelise isomeetrilise jõu seosed teiste uuritud näitajatega jalgpalluritel. MVC – maksimaalne tahteline jõud; max RFD – maksimaalne jõugradient; SQJ – poolkükkasendist hüpe; PT – üksikkontraktsiooni maksimaaljõud. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$.

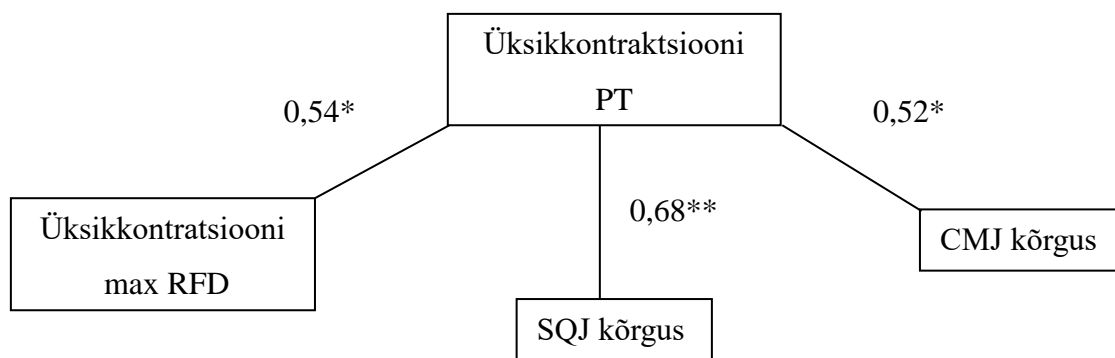
4.7.2 Korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel jõutõstjatel

Üksikkontraktsiooni CT jõutõstjatel korreleerus tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga ($r=0,63$; $p<0,05$), SQJ kõrgusega ($r=0,53$; $p<0,05$) ja CMJ kõrgusega ($r=0,71$; $p<0,01$). Tulemused on väljendatud joonisel 12.



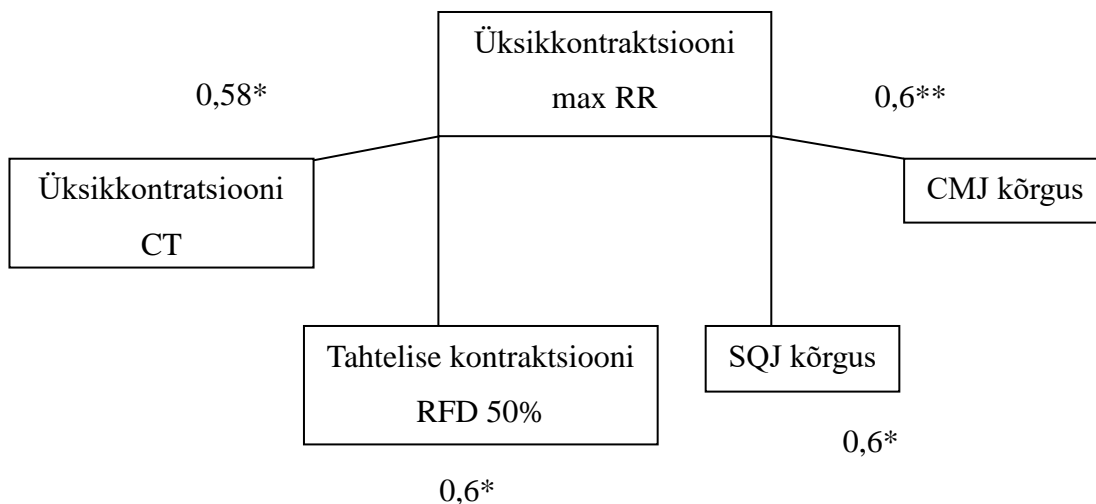
Joonis 12. Üksikkontraktsiooni CT seosed uuritud näitajatega jõutõstjatel. CT – kontraktsiooniaeg; RFD – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 25% kontraktsiooniajast; SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$.

Üksikkontraktsiooni maksimaaljõud jõutõstjatel seostus üksikkontraktsiooni maksimaalse jõugradiendiga ($r=0,54$; $p<0,05$), SQJ kõrgusega ($r=0,68$; $p<0,01$) ja CMJ kõrgusega ($r=0,52$; $p<0,05$), kuid mitte DJ kõrgusega. Tulemused on väljendatud joonisel 13.



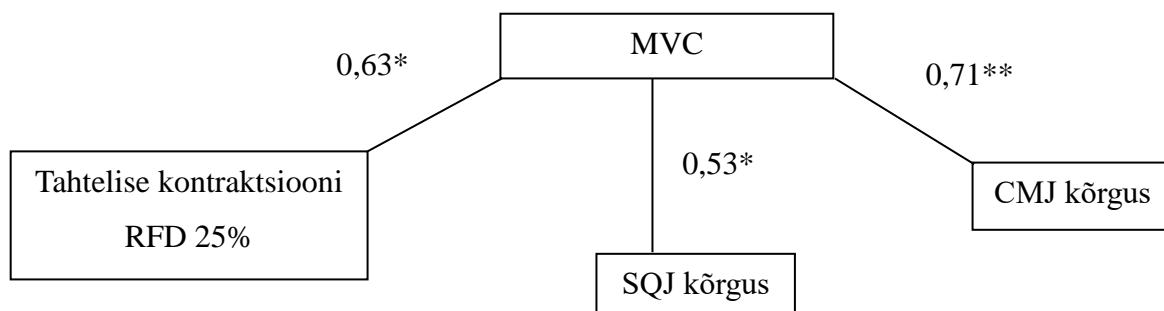
Joonis 13. Üksikkontraktsiooni maksimaaljõu seosed teiste uuritud näitajatega jõutõstjatel. PT – maksimaaljõud; max RFD – maksimaalne jõugradient; SQJ – poolkükasendist hüppe kõrgus; CMJ – püstasendist allaliikumise hüppe kõrgus. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$

Üksikkontraktsiooni maksimaalne RR jõutõstjatel seostus üksikkontraktsiooni ajaga ($r=0,58$; $p<0,05$), tahtelise kontraktsiooni RFD 50%-ga ($r=0,6$; $p<0,05$), SQJ kõrgusega ($r=0,6$; $p<0,05$) ja CMJ kõrgusega ($r=0,6$; $p<0,01$). Tulemused on välja toodud joonisel 14.



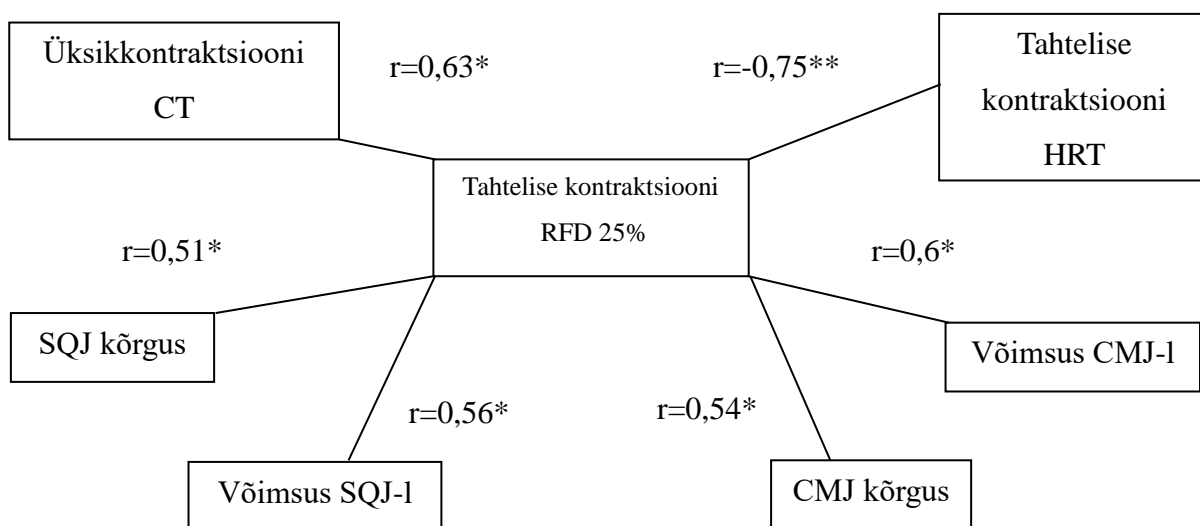
Joonis 14. Üksikkontraktsiooni maksimaalse RR seosed teiste uuritud näitajatega jõutõstjatel. CT – kontraktsiooniaeg; RFD 50 % – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 50% kontraktsiooniajast; SQJ – poolkükasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumise hüpe; max RR – maksimaalne lõõgastumisgradient. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$

MVC jõutõstjatel seostus tahtelise kontraktsiooni maksimaalse jõugradiendiga ($r=0,6$; $p<0,05$) ja CMJ-l arendatud jõuga ($r=0,56$; $p<0,05$). Seosed on välja toodud joonisel 15.



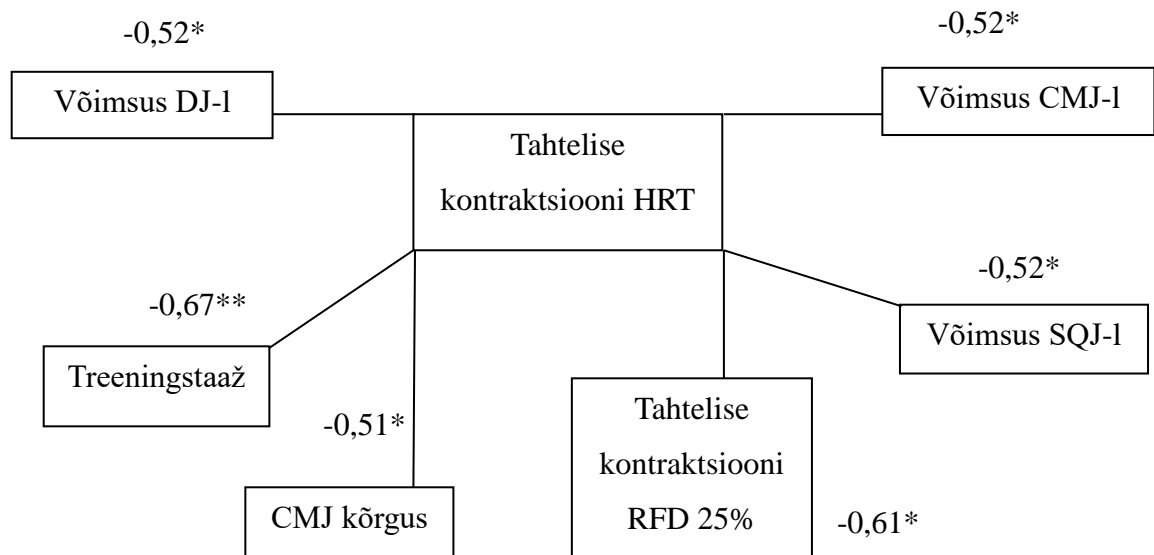
Joonis 15. Maksimaalse tahtelise isomeetrilise jõu seosed teiste uuritud näitajatega jõutõstjatel. RFD 25% - jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 25% kontraktsioonijast; SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; MVC – maksimaalne tahteline jõud. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$

Tahtelise kontraktsiooni RFD 25% jõutõstjatel seostus üksikkontraktsiooni CT-ga ($r=0,63$; $p<0,05$), SQJ-ga ($r=0,51$; $p<0,05$), SQJ-l arendatud võimsusega ($r=0,56$; $p<0,05$), CMJ-ga ($r=0,54$; $p<0,05$), CMJ-l arendatud võimsusega ($r=0,6$; $p<0,05$) ja oli pöördvõrdelises seoses HRT-ga ($r=-0,75$; $p<0,01$). Tulemused on välja toodud joonisel 16.



Joonis 16. Tahtelise kontraktsiooni RFD 25% seosed teiste uuritud näitajatega jõutõstjatel. SQJ – poolkükkasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe; CT - kontraktsiooniaeg; RFD 25% – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 25% kontraktsioonijast; HRT – poolelõdgastusaeg. * - $p<0,05$; ** $p<0,01$

Tahtelise kontraktsiooni HRT jõutõstjatel oli pöördvõrdelises seoses treeningstaažiga ($r=-0,67$; $p<0,01$), CMJ kõrgusega ($r=-0,51$; $p<0,05$), SQJ-l arendatud võimsusega ($r=-0,52$; $p<0,05$), CMJ-l arendatud võimsusega ($r=-0,52$; $p<0,05$) ja DJ-l arendatud võimsusega ($r=-0,52$; $p<0,05$) ning tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga ($r=-0,61$; $p<0,05$). Tulemused on välja toodud joonisel 17.



Joonis 17. Tahtelise kontraktsiooni poolelõõgastusaja seosed teiste uuritud näitajatega jõutõstjatel. DJ – sügavushüpe 40 cm aluselt; RFD 25% – jõugradient ajahetkel, kui läbitud on 25% kontraktsiooniajast; HRT – poolelõõgastusaeg; SQJ – poolkükasendist hüpe; CMJ – püstasendist allaliikumisega hüpe. * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$

5 ARUTELU

Käesolevas magistritöös võrreldi alajäsemete sirutajalihaste jõu ja plahvatuslike võimete näitajaid Eesti Premium Liiga jalgpalluritel ja Eesti jõutõstjatel. Jalgpallureid võrreldi jõutõstjatega, sest viimased on oma spordiala spetsiifika tõttu jõunäitajate osas mudeliks.

Uuringus osalenud jalgpallurite keskmine vanus oli 20,6 aastat, keskmine pikkus 188,3 cm, keskmine kehamass 81 kg ja keskmine KMI 22,9 kg/m². Sporis et al. (2009) leidsid, et keskmine Horvaatia kõrgliiga jalgpallur on 28,3 aastat vana, 181,4 cm pikk, kaalub 78,4 kg ja tema KMI on 23,8 (Sporis et al., 2009). Kõrgema tasemega jalgpallurite antropomeetrilis näitajaid uurisid Hencken et al. (2006), kogudes infot ühe Inglismaa kõrgliiga meeskonna mängijate kohta. Vaadeldava meeskonna keskmine pikkus oli keskmiselt 179,6 cm ja keskmine kehamass oli 80,7 kg (Hencken et al., 2006). Seega selgub, et meie vaadeldav valim on keskmise pikkuse ja vanuse poolest erinev teistest kõrgel tasemel jalgpallimeeskondadest.

Käesolevas uuringus osalenud jõutõstjate keskmine vanus oli 21,8 aastat, keskmine pikkus 175,7 cm, keskmine kehamass 86 kg ja keskmine KMI 27,8 kg/m². Jõutõstjad võistlevad kaaluklassides, kuid meie uuringus osalenud jõutõstjate arv ei olnud piisav, et neid kaalukategooriate järgi võrrelda. Üldiselt iseloomustab jõutõstjaid lühem kasv ja suurem suhteline kehamass võrreldes jalgpalluritega. Keogh et al. (2007) võrdlesid Okeania võistlevate jõutõstjate antropomeetrilisi näitajaid. Nemad jaotasid tinglikult grupi kolmeks:

- 1) Kergekaallased (n=9) keskmise pikkusega 163 cm ja keskmise kehamassiga 68,9 kg;
- 2) Keskskaallased (n=30) keskmise pikkusega 174,7 cm ja keskmise kehamassiga 87,7 kg;
- 3) Raskekaallased (n=15) keskmise pikkusega 174,7 cm ja keskmise kehamassiga 121,9 kg (Keogh et al., 2007).

Seda mudelit arvesse võttes iseloomustab meie valim keskkaalus võistlevaid jõutõstjaid.

5.1 Reie nelipealihase mittetahtelise ja tahtelise isomeetrilise jõu genereerimise ning lõõgastusvõime näitajate analüüs

Reie nelipealihase mittetahtelise ehk elektrostimulatsiooniga esile kutsutud üksikkontraktsiooni näitajate vahel statistiliselt olulisi erinevusi gruppide vahel ei esinenud. Potentseerumisjärgselt esines tendents suurema muutuse suunas jõutõstjatel. PT PAP oli

kliiniliselt olulisel määral suurem jõutõstjatel, kui jalgpalluritel. See näitab, et jõutõstjate reie nelipealihase müosiini raskete ahelate osküdatiivse fosforüülimise võimekus oli efektiivsem.

Ka tahtelise jõu arendamise parameetrite vahel ei leitud gruppide võrdlusel statistiliselt olulist erinevust, kuigi tendents teatud parameetreid võrreldes statistilise olulisuse suunas esines. Seega otsisime kliinilist olulisust ja leidsime selle kahe olulise parameetri puhul: MVC ja RFD 25%.

Reie nelipealihase isomeetiline jõud oli jõutõstjatel (744 N) suurem kui jalgpalluritel (664,33 N). Käesoleva uuringu autor oleks spordialade spetsiifikat arvesse võttes eeldanud gruppide vahel suuremat erinevust. Kuna jõutõstjaid on maailmas suhteliselt vähe uuritud, siis ei ole võimalik välja tuua reie nelipealihase isomeetrilise jõu võrdlust jalgpalluritel ja jõutõstjatel teiste uuringute näol. Küll aga saame võrrelda põlve sirutajalihaste isomeetrilist jõudu jalgpalluritel teiste uuringute tulemustega. Requena et al. (2009) mõõtsid sama metoodikat kasutades reie nelipealihase isomeetrilist jõudu ühe Eesti jalgpalli kõrgliiga meeskonna mängijatel ning said keskmiseks tulemuseks 228,5 Nm (Requena et al., 2009). Meie valimi keskmine isomeetiline jõud oli oluliselt suurem ja arvestades grupi suurust (n=12) ei pruugi väljendada jalgpallurite keskmist. Meie uuringugrupi jalgpalluritest mõned tegid lisaks jalgpallitreeningutele regulaarselt jõutreeningut ja teised mitte, meeskonnasiseselt see treeningu tahk reguleeritud ei olnud.

Wisloff et al. (2004) leidsid, et alajäseme sirutajalihaste jõud seostub sprindikiiruse ja hüppevõimega (Wisloff et al., 2004). Marques et al. (2015) uuringu tulemustest selgus, et ainuüksi alajäsemete sirutajalihaste jõutreening arendas 10 m ja 30 m sprindi kiirust treenimata täiskasvanud inimestel. Jõutreeningu kombineerimine sprinditreeninguga oli veelgi efektiivsem (Marques et al., 2015). Seega oleks jalgpallurile tõenäoliselt kasu jõutreeninguga tegelemisest vähemalt ühel hooaja etapil.

RFD 25% väljendab stardijõudu. Käesolevas uuringus võrreldud tahtelise kontraktsiooni jõu arendamise kiiruse parameetritest väljendab RFD 25% kõikidel uuritavate puhul ajamomenti, kus jõu arendamise kiirus on kõige suurem. Uuringus selgus, et jõutõstjate RFD 25% oli jalgpallurite tulemusest suurem. Aagard et al. (2002) leidsid, et 14 nädalase jõutreeningu tsükli järel arenes eelnevalt treenimata meestel RFD (Aagard et al., 2002). Seega arvestades, et uuringus osalenud jalgpalluritest palju jõutreeninguga ei tegele on loogiline, et jõutõstjate RFD 25% oli jalgpallurite tulemusest kõrgem. Hoff & Helgerud (2002) leidsid, et 8 nädalase alajäsemete sirutajalihaste jõutreeningu järel arenes jalgpallimeeskonna keskmine maksimaalne RFD 52% ja 10 m sprindi aeg langes 0,08 sekundit (Hoff & Helgerud, 2002).

Ka siit järeldub, et jalgpallurid võiksid potentsiaalselt jõutreeningust abi saada oma kiiruslike võimete arendamisel.

5.2 Alajäsemete sirutajalihaste jõu genereerimise näitajate analüüs

Jõu arendamise näitajate võrdlusel leiti peamised gruppidevahelised erinevused. Jõutõstjad näitasid keskmiselt paremaid hüppe kõrguse, hüppel arendatud jõu ja võimsuse tulemusi peaaegu kõikides võrreldud näitajates.

Hüppe kõrgust võrreldes esines gruppide võrdlusel statistiliselt oluline erinevus CMJ-l. Meie uuringus oli jalgpallurite keskmine hüppe kõrgus CMJ-l keskmiselt 0,41 m ja jõutõstjatel keskmiselt 0,46 m. Võrdluseks, Sporis et al. (2009) uuringus leiti, et Horvaatia kõrgliiga jalgpallurite keskmine CMJ kõrgus oli 0,45 m (Sporis et al., 2009). Hiljutisemat informatsiooni leida ei ole, kuid Häkkinen et al. (1984) leidsid 4 jõutõstjat mõõtes, et nende keskmine CMJ kõrgus oli 0,39 m. Nende uuringus kasutati hüppekõrguse mõõtmiseks sarnast mõõtemetoodikat käesolevale uuringule ja jõutõstjad olid samuti võistlevad sportlased keskmise kehamassiga 89,4 kg (Häkkinen et al., 1984). Jõutõstjate hea hüppevõimekus ei ole üllatav arvestades Berton et al. (2018) meta-analüüsi tulemusi, kus järeldati, et jõutreening ja plüomeetiline treening on võrdselt efektiivsed meetodid CMJ kõrguse arendamiseks (Berton et al., 2018). Asadi et al. (2016) leidsid meta-analüüsis, et 7-nädalane alajäsemete plüomeetrilise treeningu programm arendab suunamuutuste kiirust (Asadi et al., 2016). Tulemusi arvesse võttes oleks jalgpalluritele tõenäoliselt kasulik kasutada treeningu osana hüppetreeningut. Kas meie vaadeldavad jalgpallurid hüppetreeninguga tegelevad ei oska uuringu autor öelda.

Käesoleva magistritöö uuringus arendasid jõutõstjad hüpetel rohkem absoluutset jõudu ja jõudu kehamassi suhtes, kus mõlemal juhul nii SQJ-l kui ka CMJ-l olid jõutõstjate tulemused ka statistiliselt olulisel määral suuremad. DJ puhul on tulemused mõnevõrra erinevad, kusjuures ainus jõu genereerimise võimekuse näitaja, kus jalgpallurid jõutõstjatest üle olid oli kehamassi suhtes arendatud jõud DJ-l, kuid see erinevus ei jõudnud statistilise olulisuseni. Ka teistel plahvatusliku võimekuse näitajatel oli DJ erinevus väiksemal määral jõutõstjate kasuks kui SQJ ja CMJ erinevus. Jõutõstjate madalam võimekust DJ-l on loogiline, sest nende spordispetsiifikas ei ole liigutusi, kus nad maanduksid ja peaksid uuesti hüppama, samas kui jalgpallis tuleb ette näiteks järjestikuseid hüppeid.

Hüppel arendatud võimsus näitas statistiliselt olulist erinevust jõutõstjate kasuks kõikidel uuritud hüppevormidel. Carlock et al. (2004) leidsid, et vertikaalsel hüppel (SQJ ja

CMJ) arendatud maksimaalne võimsus on seoses küki 1 KM-ga (Carlock et al., 2004). Arvestades, et kükk on üks kolmest peamisest harjutusest jõutõstja treeningkavas on jõutõstjate võimekus hüppetestides oodatav.

5.3 Korrelatiivsete seoste analüüs uuritud näitajate vahel

Gruppidevahelisi sarnasusi korrelatsioonanalüüsil esines jõu arendamise kiiruse ja maksimaaljõu arendamise vahel. Üksikkontraktsiooni PT seostus jalgpalluritel tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga, jõutõstjatel aga üksikkontraktsiooni maksimaalse RFD-ga. Lisaks seostus jalgpallurite MVC potentseerumisjärgse maksimaalse RFD-ga, jõutõstjatel aga tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga. Siinkohal ei tule esile absoluutset ühest nimetajat, vaid esinevad seosed üksikkontraktsiooni ja tahtelise kontraktsiooni jõu parameetrite ning jõu arendamise kiiruse näitajate vahel.

Jõutõstjate võrreldud näitajate korrelatsioonanalüüsi uurides avalduvad selged seosed maksimaalse jõu näitajate ja plahvatusliku võimekuse näitajate vahel. Üksikkontraktsiooni CT ja PT ning tahtelise kontraktsiooni MVC ja RFD 25% kõik seostuvad SQJ ja CMJ kõrgustega. Lisaks näeme RFD 25% seost SQJ-l ja CMJ-l arendatud võimsusega. Välja toodud tulemused näitavad järjepidevalt seost maksimaalse jõu näitajate ja võimsuse näitajate vahel. Need tulemused sobivad kokku McLellan et al. (2011) tulemustega, kes näitasid seost maksimaalse tahtelise RFD ja CMJ kõrguse vahel. Samas hoiatasid autorid, et sama seost otsides on teistes uuringutes saadud vastakaid tulemusi (McLellan et al., 2011). Käesolevas magistritöös saadud tulemused sobivad kokku ka Wisloff et al. (2004) tulemustega, kes näitasid seost maksimaalse jõu ja hüppevõime vahel.

Jõutõstjate tulemuste analüüsil esinesid seosed ka erinevate jõu arendamise näitajate vahel. MVC seostus tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga. See tulemus sobib kokku Aagard et al. (2002) uuringu tulemustega, kus leiti, et tahteline maksimaaljõud on seoses maksimaalse RFD-ga (Aagard et al., 2002). Lisaks esines seos üksikkontraktsiooni CT ja tahtelise kontraktsiooni RFD 25% vahel. Arvestades näitajate olemust on seos loogiline, kuid uuringuid selle seose kinnitamiseks leida ei ole.

Jõutõstjatel oli tahtelise kontraktsiooni HRT pöördvõrdelises seoses arendatud võimsusega kõikidel uuritud hüppevormidel ja tahtelise kontraktsiooni RFD 25%-ga. Seega on kiire lõõgastumine ja kiire jõu genereerimine omavahelises seoses. Lisaks oli jõutõstjate tahteline HRT seoses treeningstaažiga, mis võib viidata sellele, et treeningpetsiifika toob aja jooksul kaasa HRT languse ja see võib olla vajalik kohastumus jõutõstjatel.

Jalgpallurite uuritud näitajate omavahelistes seostes oli vähem ühiseid nimetajaid. Jalgpallurite MVC seostus potentseerumisjärgse PT ja potentseerumisjärgse maksimaalse RFD-ga. Lisaks olid omavahel seotud üksikkontraktsiooni PT ja tahtelise kontraktsiooni RFD 25%. Välja toodud näited viitavad seostele üksikkontraktsiooni maksimaaljõu, tahtelise maksimaaljõu ja jõu arendamise kiiruse vahel.

Jalgpallurite MVC oli statistiliselt olulises seoses SQJ-l arendatud võimsusega. MVC näitas tendentsi seoste suunas ka teistel hüppevormidel arendatud võimsusega ja kõikide hüppevormide kõrgusega, kuid statistilist olulisust need tulemused ei saavutanud. Suurema valimiga uuringus oleksid need seosed võinud eksisteerida.

Tõenäolisi põhjuseid, miks jõutõstjatel uuritud parameetrite korrelatiivsed seosed näitasid selget suunda ja jalgpalluritel mitte võib olla mitmeid. Üheks põhjuseks on valimite suurus. Suurema uuritavate arvu puhul oleksid korrelatsioonid olnud võib olla selgemad. Teiseks oluliseks põhjuseks võib pidada spordialade spetsiifikat. Jõutõstmises on üks omadus – jõud – mille puudumisel spordialal edukas olla ei saa ja mida kõik ala tegijad arendavad. Samas jalgpallis edukas olemiseks on vaja rohkem erinevaid oskuseid, näiteks taktikalised ja tehnilised oskused võivad kompenseerida kehalise võimekuse puudujääke. Seega on võimalik, et jalgpallurite kehalise võimekuse näitajate uurimisel esinebki rohkem varieeruvust kui jõutõstjatel. Samuti on jalgpallis erinevatel positsioonidel mängides vajalikud mõnevõrra erinevad kehalised võimed. Lisaks tuleb arvesse võtta, et jalgpallurid olid küll uurimise ajal ühes meeskonnas, kuid nad olid pärit erinevatest Eesti paikadest ja olid mänginud erinevate treenerite käe all, mis samuti võib luua olukorra, kus üks sportlane on kõrgemal tasemel näiteks jõu genereerimise näitajates ja teine näiteks tehnilistes oskustes. Seega võisid jalgpallurid olla kehalistelt võimetelt heterogeensem grupp kui jõutõstjad.

5.4 Uuringu tugevused ja nõrkused

Uuringu tugevuseks võib pidada spetsialiseerunud, kõrgel tasemel võistlevate sportlasgruppide osalust.

Käesoleva katse peamine puudujääk on gruppide suurused. Kokku võeti arvesse 12 jalgpalluri ja 10 jõutõstja tulemused. Suuremate gruppide puhul oleks tõenäoliselt saanud konkreetsemad seosed.

Teiseks nõrkuseks võib pidada jõutõstjate grupi heterogeensust antropomeetriliste andmete osas. Jõutõstjad võistlevad kaalukategooriates ja erinevates gruppides osalevatel sportlastel võivad olla suhteliselt suure varieeruvusega kehalisevõimekuse näitajad. Meie

uuringus olid erinevate kaalukategooriate jõutõstjad pandud ühte gruppi, sest kohalikul tasemel ei ole nii palju valikut, et sarnasemat gruppi koostada.

Töö nõrkuseks võib pidada ka pikka uurimisperioodi kestust. Seetõttu tekkis olukord, kus mõned sportlased testiti hooajaeelsel perioodil, kus treeningkoormus on väga suur, samas teised testiti hooajavälisel perioodil, kus treeningkoormus on tavaliselt väiksem. Väsimuse tase võib mõjutada katsete tulemusi.

Jalgpallurite grupp oli antropomeetriliste näitajate ja treeningstaaži poolest küll väga homogeenne, kuid tuleb arvesse võtta, et jalgpallurite kohta oli tegemist ebatavaliselt pikka kasvu valimiga.

6 JÄRELDUSED

1. Alajäsemete sirutajalihaste poolt paigalt ülehüppel arendatud võimsus, reie nelipealihase maksimaaljõud ja jõu arendamise kiirus tahtelise pingutuse algfaasis olid jalgpalluritel madalamal tasemel kui jõutõstjatel.
2. Reie nelipealihase kontraktiilsed omadused hinnatuna elektrostimulatsiooniga esile kutsutud isomeetrilise üksikkontraktsiooni näitajate alusel jalgpalluritel ja jõutõstjatel oluliselt ei erinenud.
3. Jalgpalluritel esinesid positiivsed korrelatiivsed seosed reie nelipealihase tahtelise maksimaaljõu ja potentseerumisjärgse maksimaalse RFD ning SQJ-I arendatud võimsuse vahel.
4. Jõutõstjatel esinesid positiivsed korrelatiivsed seosed reie nelipealihase tahtelise maksimaaljõu, jõu arendamise kiiruse ja alajäsemete sirutajalihaste poolt paigalt üleshüppel arendatud võimsuse näitajate vahel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aagard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 2002; 93: 1318-1326.
2. Anderson L. Quantification of physical loading, energy intake and expenditure in English Premier League soccer players. Doktoritöö. Liverpool: Liverpool John Moores University; 2017.
3. Anderson L, Orme P, Di Michele R, Close GL, Morgans R. Quantification of training load during one-, two- and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: implications for carbohydrate periodisation. *J Sport Sci* 2016; 34: 1250-1259.
4. Andersson P, Meander S, Sinclair J. Anthropometric and physical profiles in elite and sub elite Swedish male soccer players. Student Essay, University of Göteborg; 2016.
5. Andrzejewski M, Chmura J, Pluta B, Kasprzak A. Analysis of motor activities of professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2012; 26: 1481-1488.
6. Asadi A, Arazi H, Young WB, de Villarreal ES. The effects of plyometric training on change-of-direction ability: a meta-analysis. *Int J Sport Physiol* 2016; 11: 563-573.
7. Berton R, Lixandrao ME, Pinto e Silva CM, Tricoli V. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. *J Sport Sci* 2018; 1: 1-7.
8. Bishop PA, Williams TD, Heldman AN, Vanderburgh PM. System for evaluating powerlifting and other multievent performances. *J Strength Cond Res* 2018; 32: 201-204.
9. Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, Morris RT, Ciroslan DA. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 534-539.
10. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffuli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur french soccer players. *Int J Sports Med* 2001; 22: 45-51.
11. Garcia-Manso JM, Martin-Gonzalez JM, Da Silva-Grigoletto ME, Vaamonde D, Benito P et al. Male powerlifting performance described from the viewpoint of complex systems. *J Theor Biol* 2008; 498-508.

12. Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, Chamari K, Souissi N. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biol Sport* 2015; 32: 207-212.
13. Hencken C, White C. Anthropometric assessment of Premiership soccer players in relation to playing position. *Eur J Sport Sci* 2006; 6: 205-211.
14. Hill-Haas SV, Dawson B, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Physiology of small-sided games training in football. *Sports Med* 2011; 41: 199-220.
15. Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training enhances running economy and aerobic endurance. In: Hoff J, Helgerud J. *Football (soccer): new developments in physical training research*. Trondheim: Norwegian university of science and technology; 2002: 39-55.
16. Häkkinen K, Alen M, Komi PV. Neuromuscular, anaerobic, and aerobic performance characteristics of elite power athletes. *Eur J Appl Physiol* 1984; 53: 97-105.
17. IPF (International Powerlifting Federation). Technical rules book. 2016. http://www.powerlifting-ipf.com/fileadmin/ipf/data/rules/technical-rules/english/IPF_Technical_Rules_Book_2016__1_.pdf, 29.03.2018
18. Jeong TS, Reilly T; Morton J, Bae SW, Drust B. Quantification of the physiological loading of one week of „pre season” and one week of „in-season” training in professional soccer players. *J Sport Sci* 2011; 29: 1161-1166.
19. Joao GA, Evangelista AL, Gomes JH, Charro MA, Bocalini D et al. Effect of 16 weeks of periodized resistance training on strength gains of powerlifting athletes. *J Exerc Physiol Online* 2014; 17: 102-109.
20. Keogh JW, Hume PA, Pearson SN, Mellow P. Anthropometric dimensions of male powerlifters of varying body mass. *J Sports Sci* 2007; 25: 1365-1376.
21. Los Arcos A, Mendez-Villanueva A, Martinez-Santos R. In-season training periodization of professional soccer players. *Biol Sport* 2017; 34: 149-155.
22. Malone JJ, Michele RD, Morgans R, Burgess D, Morton P et al. Seasonal training load quantification in elite english premier league soccer players. *Int J Sport Physiol* 2015; 10: 489-497.
23. Marques MC, Gabbett TJ, Marinho DA, Blazevich AJ, Sousa A. Influence of Strength, Sprint Running, and Combined Strength and Sprint Running Training on Short Sprint Performance in Young Adults. *Int J Sports Med* 2015; 36: 789-795.
24. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2011; 25: 379-385.

25. Morgans R, Orme P, Anderson L, Drust B. Principles and practices of training for soccer. *J Sport Health Sci* 2014; 3: 251-257.
26. Pääsuke M, Ereline J, Gapeyeva H. Neuromuscular fatigue during repeated exhaustive submaximal static contractions of knee extensor muscles in endurance-trained, power-trained and untrained men. *Acta Physiol. Scand.* 1999; 166: 319-326.
27. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB et al. American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 687-708.
28. Requena B, Gonzalez-Badillo JJ, de Villarreal ESS, Ereline J, Garcia I et al. Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 1391-1401.
29. Sporis G, Jukic I, Ostojic SM, Milanovic D. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 1947-1953.
30. Stevens TGA, de Ruiter CJ, Twisk JWR, Savelsbergh GJP, Beek PJ. Quantification of in-season training load relative to match load in professional Dutch Eredivisie football players. *Science and Medicine in Football* 2017; 1: 117-125.
31. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer. *Sports Med* 2005; 35: 501-536.
32. Swinton PA, Lloyd R, Agouris I, Stewart A. Contemporary training practices in elite British powerlifters: survey results from an international competition. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 380-384.
33. Turner AN, Stewart PF. Strength and conditioning for soccer players. *Strength Cond J* 2014; 36: 1-13.
34. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *BJSM* 2004; 38: 285-288.
35. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of soccer players. *MSSE* 1998; 30: 462-467.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Madis Arumäe

(sünnikuupäev: 19.12.1990)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Alajäsemete sirutajalihaste jõu ja võimsuse näitajad jalgpalluritel ja jõutõstjatel“, mille juhendaja on Mati Pääsuke,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 11.05.2018